

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PÄTENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 199 57 063 A 1

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 61 F 2/04**  
A 61 M 29/00

**DE 199 57 063 A 1**

- (21) Aktenzeichen: 199 57 063.9
- (22) Anmeldetag: 26. 11. 1999
- (43) Offenlegungstag: 2. 8. 2001

(71) Anmelder:

Herbst, Franz, Dr., 64720 Michelstadt, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Entgegenhaltungen:

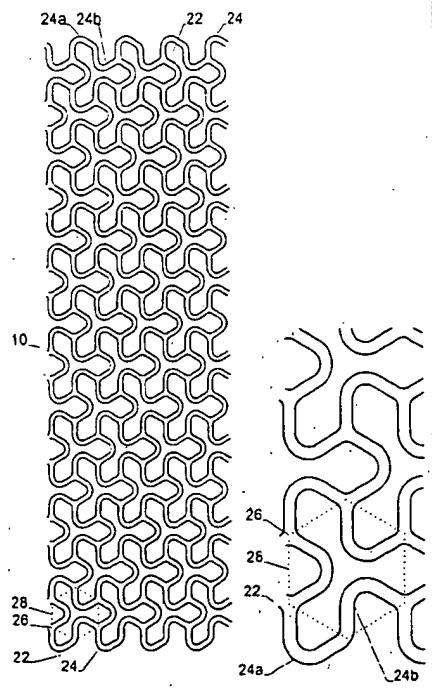
DE	295 21 206 U1
US	56 97 971
EP	08 75 215 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Stent und Verfahren zu seiner Herstellung

(55) Es wird ein aus einem expandierbaren Geflecht aus vieleckförmigen Grundelementen (22) bestehender Stent (10) mit einer hohen Flexibilität und gleichmäßig guten Stabilitätseigenschaften beschrieben. Die Grundelemente (22) können hierbei vielfältig geformt sein. Sie umfassen insbesondere symmetrische und/oder konkav ausgebildete dreieckige, viereckige, sechseckige oder achteckige Strukturen mit zumindest bereichsweise krummlinigen Begrenzungsstrecken (24), die vorzugsweise abwechselnd konkav und konvex ausgebildet sind (24a bzw. 24b) und/oder selbst alternierende konvexe und konkave Bereiche umfassen. Die Begrenzungsstrecken (24) können beispielsweise halbkreisförmig ausgebildet sein oder sinus- oder cosinusförmige Kurven der Länge  $\Pi$  oder eines ganzzahligen Vielfachen davon umfassen, so daß erfindungsgemäße Stents (10) vorzugsweise relativ einfache, äußerst regelmäßige, sehr symmetrische wabenartige oder sternförmige Strukturen besitzen. Erfindungsgemäß können jedoch auch unterschiedlich gestaltete Grundelemente (22) miteinander kombiniert werden, wodurch sich Stentstrukturen nahezu beliebiger Komplexibilität ergeben. Es wird auch ein Verfahren zur Herstellung solcher Stents (10) beschrieben, bei dem zunächst ein die gewünschte Stentstruktur repräsentierender Datensatz erzeugt und anschließend zur Ansteuerung eines Systems zur Stent-Herstellung verwendet wird.



**DE 199 57 063 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Stent und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Die perkutane transluminale Koronarangioplastie (PTCA) ist eine akzeptierte Behandlungsmethode bei arteriosklerotisch bedingten Koronarerkrankungen. Die Behandlungserfolge dieser Methode sind hoch. In 2-7% der Fälle treten jedoch akute oder subakute Okklusionen an der Stelle der Angioplastie auf.

Durch wiederholte Durchführung der Angioplastie im betroffenen, erkrankten Gefäß kann nur bei einem Teil der Patienten eine Abhilfe geschaffen werden. Bei anderen Patienten kommt es durch eine Reihe verschiedener Mechanismen unter anderem durch Rekomposition oder das Kollabieren der dilatierten Arterien zu einer lebensbedrohlichen Durchblutungsstörung. In diesen akuten oder subakuten Verschlüssen der Koronarangioplastie kommt es zu späten (chronischen) Restenosen. Die Möglichkeiten der Vermeidung akuter oder subakuter Restenosen bestehen in der Verhinderung der Ausbildung von Plättchenthromben an der Dilatationsstelle durch entsprechende Medikamente.

Es kann jedoch auch eine mechanische Stützung der Koronarwand mittels eines üblicherweise aus einem zylinderförmigen expandierbaren Metallgeflecht bestehenden Stents vorgenommen werden, der in das erkrankte Gefäß eingeführt und am Ort der Stenose entfaltet wird, um die verengte Stelle zu öffnen und durch Abstützung der Blutgefäßwand offenzuhalten. Nach erfolgter Aufdehnung müssen Stents daher über eine ausreichend hohe Radialstabilität zum Offenhalten erkrankter Gefäße verfügen, während zur Erleichterung der Implantation gleichzeitig eine gute Querflexibilität erforderlich ist, um die auf dem Weg zu der verengten Stelle liegenden engen Gefäßkurven ohne Beschädigung des Gefäßes überwinden zu können.

Zur Erreichung dieser Eigenschaften bestehen herkömmliche Stents üblicherweise sowohl aus flexiblen als auch aus unflexiblen Einheiten, Zellen oder Grundelementen, wie zum Beispiel unterschiedlich gestaltete Schlaufenlemente, die entweder direkt oder aber über geeignete Steg- und/oder Gelenkelemente miteinander verbunden sind.

Die flexiblen Grundelemente verleihen ihnen hierbei die benötigte Flexibilität, während die bezüglich der Querachse unflexiblen Grundelemente die erforderliche Radialstabilität gewährleisten. Die Stabilitätseigenschaften herkömmlicher Stents sind somit in Abhängigkeit von der Anordnung, Gestaltung und Größe der jeweils verwendeten flexiblen und unflexiblen Grundelementen naturgemäß starken lokalen Schwankungen unterworfen, die beispielsweise durch ein ungleichmäßiges Aufdehnen zu einer Beeinträchtigung der Anwendungssicherheit führt. Zudem erweist sich die Gestaltung und Herstellung solcher Stents als recht aufwendig.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Schaffung eines Stents mit möglichst gleichmäßigen Stabilitätseigenschaften, der sowohl eine hohe Flexibilität als auch eine gute Längs- und Querstabilität besitzt. Ein weiterer Teil der Aufgabe besteht in der Schaffung eines geeigneten Verfahrens zur Herstellung solcher Stents.

Der erste Teil der Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Stent mit einem expandierbaren Geflecht aus vieleck- oder polygonförmig ausgebildeten Grundelementen mit zumindestens bereichsweise krummlinig ausgebildeten Begrenzungsstrecken gelöst. Die Grundelemente können hierbei vielfältig geformt sein. Sie umfassen insbesondere symmetrisch und/oder konvex ausgebildete dreieckige, viereckige, sechseckige oder achteckige Strukturen, die Stents mit einer hohen Flexibilität und gleichmäßigen guten Stabilitätseigenschaften bilden.

Zur Vermeidung von Unstetigkeiten oder Spannungsspitzen gehen benachbarte Begrenzungsstrecken vorzugsweise stetig ineinander über. Sie sind insbesondere halbkreisförmig ausgebildet oder umfassen eine sinus- oder cosinusförmige Kurve der Länge  $\pi$  oder eines ganzzahligen Vielfachen davon, so daß diese erfindungsgemäß gebildeten Stents eine äußerst regelmäßige, sehr symmetrische "wabenartige" oder sternförmige Struktur mit entsprechend guten Stabilitätseigenschaften der gewünschten Art besitzen. Benachbarte Begrenzungsstrecken sind hierbei vorzugsweise abwechselnd konvex und konkav ausgebildet und/oder die Begrenzungsstrecken selbst umfassen bereits alternierende konvexe und konkave Bereiche.

Die erfindungsgemäßen Grundelemente können erfindungsgemäß auch mehrere unterschiedlich gestaltete Grundelemente der beschriebenen Art umfassen. So können beispielsweise quadratische und sechseckige oder achteckige Grundelemente gleicher Kantenlänge in einer gemeinsamen Stentstruktur so miteinander kombiniert werden, daß die sechseckigen bzw. achteckigen Grundelemente jeweils abwechselnd mit einem gleichartigen Grundelement bzw. einem quadratischen Grundelement eine gemeinsame Begrenzungsstrecke besitzen. Benachbarte quadratische Grundelemente sind somit jeweils durch die gemeinsame Begrenzungsstrecke zweier benachbarter sechseckiger bzw. achteckiger Grundelemente miteinander verbunden. Zumindest einige Grundelemente können hierbei in einer bevorzugten Ausführungsform wiederum jeweils ein kleineres gleichartiges Grundelement umfassen, wobei die Begrenzungsstrecken der kleineren und der sie umfassenden großen Grundelemente vorzugsweise zur Bildung einer gemeinsamen Struktur miteinander verbunden sein können. Die Begrenzungsstrecken der Grundelemente umfassen hierbei vorzugsweise wiederum krummlinige Begrenzungsstrecken der oben bereits beschriebenen Art mit stetigen Übergängen zwischen benachbarten Begrenzungsstrecken.

Der zweite Teil der Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Herstellungsverfahren gelöst, bei dem zunächst ein erfindungsgemäßes expandierbares Geflecht aus vieleckförmigen Grundelementen der beschriebenen Art repräsentierender Datensatz erzeugt und anschließend zur Ansteuerung eines Systems zur Stent-Herstellung verwendet wird, das beispielsweise eine zum Laserschneiden geeignete Laseranrichtung, eine zur Durchführung eines photolithographischen Verfahrens geeignete Photolithographieeinrichtung oder eine sonstige zur Erzeugung einer gewünschten Stentstruktur aus einem Ausgangs-Metallrohr oder sonstigen Ausgangsrohrs geeignete Einrichtung umfaßt. Hierbei kann gegebenenfalls auch eine Zwischenspeicherung des Datensatzes auf einem geeigneten Datenträger erfolgen.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich nicht nur aus den zugehörigen Ansprüchen – für sich und/oder in Kombination – sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen. In den Zeichnungen, in denen gleiche Teile mit gleichen Beziegszeichen versehen sind, zeigen:

Fig. 1 ein Stentdesign nach dem Stand der Technik mit herkömmlichen Schlaufen- und Gelenkelementen;

Fig. 2 ein weiteres Stentdesign nach dem Stand der Technik mit herkömmlichen Schlaufen- und Gelenkelementen;

Fig. 3a ein erstes erfindungsgemäßes Stentdesign mit sechseckigen Grundelementen und sinusförmigen Begrenzungsstrecken;

Fig. 3b eine vergrößerte Darstellung eines Grundelements gemäß Fig. 3a;

Fig. 4a ein zweites erfindungsgemäßes Stentdesign mit sechseckigen Grundelementen und sinusförmigen Begren-

zungsstrecken;

**Fig. 4b** eine vergrößerte Teildarstellung eines Grundelements gemäß **Fig. 4a**;

**Fig. 5** eine Teildarstellung eines dritten erfundungsgemäßen Stentdesigns mit rechteckigen Grundelementen und halbkreisförmigen Begrenzungsstrecken;

**Fig. 6** eine Teildarstellung eines vierten erfundungsgemäßen Stentdesigns mit einer Kombination aus quadratischen und achteckigen Grundelementen mit halbkreisförmigen Begrenzungsstrecken; und

**Fig. 7** das Stentdesign gemäß **Fig. 6**, wobei die achteckigen Grundelemente jeweils ein zusätzliches kleineres achteckiges Grundelement mit halbkreisförmigen Begrenzungsstrecken umfassen.

Wie oben bereits erwähnt wurde, umfassen herkömmliche Stents üblicherweise eine Kombination aus unterschiedlich gestalteten Schlaufen- und Gelenkelementen, die entweder direkt oder indirekt über geeignete Stegelemente miteinander verbunden sind. Ein Ausführungsbeispiel hierfür zeigt **Fig. 1**, in der die abgewickelte Mantelfläche eines solchen Stents dargestellt ist. Der dargestellte Stent **10** umfasst an seinen beiden äußeren Enden und in der Mitte jeweils einen aus Schlaufensegmenten unterschiedlicher Größe **12** bzw. **14** bestehenden größeren Schlaufenbereich **16**. Die Schlaufensegmente **12** bzw. **14** bestehen hierbei jeweils aus einer Vielzahl umfangsseitig nebeneinander angeordneter, gleichartiger Schlaufenelemente **12a** bzw. **14a** einheitlicher Orientierung, die so miteinander verbunden sind, daß sie eine mäanderförmige oder wellenförmige Struktur bilden. Die Schlaufensegmente **12** und **14** sind hierbei jeweils so angeordnet, daß ein größeres Schlaufensegment **14** in Längsrichtung des Stents **10** von zwei kleineren Schlaufensegmenten **12** umgeben ist, wobei die gegenüberliegenden einzelnen "Wellenberge", Ausbuchtungen oder Schlaufen der Schlaufensegmente **12**, **14** jeweils über Stegelemente **18** miteinander verbunden sind. An den äußeren Enden des Stents **10** befindet sich somit jeweils ein kleineres Schlaufensegment **12**, so daß sich der Stent **10** an diesen Stellen erst bei einem höheren Druck aufdehnt. Dies hat zur Folge, daß sich die Schlaufensegmente **12**, **14** gleichmäßiger aufdehnen und an den Enden des Stents **10** keine trompetenähnliche oder tulpenförmige Aufdehnung erfolgt. Zur Verbesserung der Flexibilität sind die drei Schlaufenbereiche **16** jeweils durch Gelenkelemente **20** miteinander verbunden. Diese sind so gestaltet und angeordnet, daß jede zweite Schlaufe eines Schlaufensegments **12** durch ein s-förmiges Schenkelteil **20a** bzw. **20b** eines Gelenkelements **20** mit den zwei benachbarten Schlaufen der jeweils gegenüberliegenden Schlaufe des gegenüberliegenden Schlaufenelements **12** verbunden ist.

Bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel umfaßt der Stent **10** vier gleichmäßig über seine Länge verteilte größere Schlaufenbereiche **16** mit jeweils zwei Schlaufensegmenten **12**, **14** der oben beschriebenen Art, die wiederum durch Stegelemente **20** miteinander verbunden sind, welche sich zwischen den gegenüberliegenden Schlaufen der Schlaufensegmente **12**, **14** erstrecken. An den äußeren Enden des Stents **10** sind wiederum kleinere Schlaufensegmente **12** angeordnet, während es sich bei allen anderen Schlaufensegmenten um größere Schlaufensegmente **14** handelt. Die einzelnen Schlaufenbereiche **16** sind jeweils wieder durch Gelenkelemente **20** miteinander verbunden, die sich zwischen zwei jeweils gegenüberliegen Schlaufen der Schlaufenelemente **14a** bzw. der Schlaufensegmente **14** erstrecken.

Im Unterschied zu diesen herkömmlichen Kombinationen aus unterschiedlich gestalteten Schlaufen- und Gelenkelementen **12a**, **14a** und **20** besteht die in **Fig. 3a** beispielhaft

dargestellte erfundungsgemäße Stentstruktur aus einer Vielzahl miteinander verbundener, gleichgeformter, regelmäßiger sechseckiger Zellen- oder Grundelemente **22** mit jeweils sechs abwechselnd konvex und konkav ausgebildeten ge-

krümmten Begrenzungsstrecken **24**. Die Grundelemente **22** sind hierbei so angeordnet, daß jeweils zwei benachbarte Grundelemente **22** eine gemeinsame Begrenzungsstrecke **24** besitzen, so daß eine äußerst regelmäßige, wabenartige symmetrische Struktur hoher Flexibilität mit gleichmäßigen her- vorragenden Flexibilitäts- bzw. Stabilitätseigenschaften in radialer und in tangentialer Richtung gebildet wird, die naturgemäß auch auf einen Stent **10** mit einer entsprechend ausgebildeten zylinderförmigen Mantelfläche übertragen werden.

Wie insbesondere anhand der in einem größeren Maßstab dargestellten Teilzeichnung in **Fig. 3b** zu erkennen ist, sind die Begrenzungsstrecken **24** jeweils als im wesentlichen sinusförmige Kurven der Länge  $\pi$  ausgebildet, wobei jeweils aufeinanderfolgende Begrenzungsstrecken **24a**, **24b** der ersten bzw. zweiten Halbperiode einer Sinuskurve entsprechen, so daß der bereits erwähnte alternierende konvexe und konkave Begrenzungsstreckenverlauf entsteht.

Infolge der speziellen Anordnung der Grundelemente **22** treffen an deren Eckpunkten **26** jeweils drei Begrenzungsstrecken **24** zusammen, so daß benachbarte Begrenzungsstrecken **24a**, **24b** jeweils einen Winkel von  $120^\circ$  zueinander bilden. Zur Vermeidung von Unstetigkeiten oder Spannungsspitzen sind die Übergänge zwischen den Begrenzungsstrecken **24** jeweils etwas abgerundet ausgebildet. Zur besseren Veranschaulichung der sechseckigen Grundelementenstruktur sind in den **Fig. 3a** und **3b** bei einem Grundelement **22** zusätzlich auch noch die in der Stentstruktur nicht vorhandenen, geradlinigen fiktiven Begrenzungsstrecken **28** der zugrundeliegenden Sechseckstruktur eingezeichnet.

Bei dem in **Fig. 4a** dargestellten erfundungsgemäßen Ausführungsbeispiel sind die Begrenzungsstrecken **24** der sechseckigen Grundelemente **22** jeweils als sinusförmige Kurven der Länge  $2\pi$  ausgebildet, so daß die Begrenzungsstrecken **24** selbst bereits jeweils einen konvex und einen konkav ausgebildeten Bereich umfassen, und die Grundelemente **22** ein im wesentlichen sternförmiges Aussehen erhalten. Besonders gut ist dies anhand der vergrößerten Teildarstellung eines solchen Grundelementes **22** in **Fig. 4b** zu erkennen, in der zur besseren Veranschaulichung wiederum, wie auch beispielhaft bei einem Grundelement **22** in der zugehörigen **Fig. 4a**, die in der Stentstruktur nicht vorhandenen geradlinigen fiktiven Begrenzungsstrecken **28** der dem Grundelement **22** zugrundeliegenden Sechseckstruktur eingezeichnet sind.

Die beiden beschriebenen Ausführungsbeispiele dienen lediglich zur Veranschaulichung der erfundungsgemäßen Idee und es ist offensichtlich, daß sich Stentstrukturen mit den gewünschten Stabilitätseigenschaften auch mit anderen vieleckförmigen Grundelementen **22** und/oder anders gestalteten Begrenzungsstrecken **24** erreichen lassen. So können die Begrenzungsstrecken **24** der den Mantel eines zylinderförmigen oder sonstwie gestalteten Stents **10** bildenden Grundelemente **22** beispielsweise auch halbkreisförmig oder als sinusförmige Kurve ausgebildet sein, deren Länge einem anderen ganzzahligen Vielfachen von  $\pi$  entspricht. Zudem können auch ungleichmäßig gestaltete Sechsecke mit ungleichen Seitenlängen oder andere regelmäßig oder unregelmäßig ausgebildete Vielecke, wie zum Beispiel Dreiecke, Vierecke oder Achtecke, als Grundelemente **22** verwendet werden.

So umfaßt der in **Fig. 5** dargestellte Ausschnitt aus einer erfundungsgemäßen Stentstruktur beispielsweise rechteckige Grundelemente **22** mit halbkreisförmig ausgebildeten

Begrenzungsstrecken 24, die zusammen eine jeweils parallel zur Längs- bzw. Querachse der Grundelemente 22 verlaufende wellenförmige Struktur ergeben und im nicht expandierten Zustand ein maschendrahtförmiges Geflecht aus hantelförmigen Grundelementen 22 bilden. Zur besseren Veranschaulichung sind auch hierbei wiederum die in der Stentstruktur nicht vorhandenen zugrundeliegenden "fiktiven" Begrenzungsstrecken 28 der den Grundelementen 22 zugrundeliegenden Rechteckstruktur dargestellt. Selbstverständlich sind auch hierbei wiederum anders gestaltete gekrümmte oder gegebenenfalls zumindest bereichsweise auch gerade ausgebildete Begrenzungsstrecken 24 denkbar. Zudem können die rechteckigen Grundelemente 22 beispielsweise auch ein anderes Seitenverhältnis aufweisen oder quadratisch ausgebildet sein. Ferner können selbstverständlich auch anders gestaltete Vierecke, wie zum Beispiel geeignete Trapezformen oder Parallelogramme, insbesondere Rauten, verwendet werden.

Erfindungsgemäß können auch unterschiedliche Arten oder unterschiedlich gestaltete Grundelemente 22 miteinander kombiniert werden. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 6 anhand eines Ausschnitts einer aus quadratischen und regelmäßigen achteckförmigen Grundelementen 22a bzw. 22b gleicher Seitenlänge bestehenden Stentstruktur, bei der die Grundelemente 22a, 22b so angeordnet sind, daß die achteckigen Grundelemente 22a abwechselnd mit einem benachbarten quadratischen Grundelement 22b bzw. einem benachbarten achteckigen Grundelement 22a eine gemeinsame Begrenzungsstrecke 24 besitzen. Die quadratischen Grundelemente 22b sind somit jeweils in den verbleibenden Lücken eines aus nebeneinanderliegenden achteckigen Grundelementen 22a bestehenden Musters angeordnet, so daß die gegenüberliegenden Eckpunkte 26 benachbarter quadratischer Grundelemente 22b jeweils durch die gemeinsame Begrenzungsstrecke 24 zweier benachbarter achteckiger Grundelemente 22a voneinander getrennt sind.

Auch im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Begrenzungsstrecken 24 wiederum abwechselnd konvex und konkav halbkreisförmig ausgebildet, so daß ein Geflecht aus einer Vielzahl miteinander verbundener gleichseitiger kreuzförmiger Grundelemente 22a unterschiedlicher Orientierung mit dazwischenliegenden "hantelförmigen" Grundelementen 22b gebildet wird. Zur besseren Veranschaulichung sind in Fig. 6 wiederum zusätzlich zu der eigentlichen Stentstruktur ergänzend auch noch die Stentstruktur nicht zu Tage tretender Begrenzungsstrecken 28 der zugrundeliegenden quadratischen und achteckigen Grundelemente 22b bzw. 22a eingezeichnet, wobei benachbarte Grundelemente 22 jeweils gemeinsame Begrenzungsstrecken 28 besitzen. Die dargestellte beispielhafte erfindungsgemäße Stentstruktur kann auch als Kombination nebeneinander angeordneter, gleichartiger, regelmäßiger achteckiger Grundelemente 22a mit dazwischenliegenden quadratischen Lücken 22b interpretiert werden.

Zur Bildung komplexer geförmter größerer Grundelemente 22 können bei den erfindungsgemäßen Stentstrukturen gegebenenfalls auch einige Begrenzungsstrecken 24 entfallen, was der Verwendung vieleckförmiger Grundelemente 22, wie zum Beispiel zehn-, zwölf- oder vierzehneckige Grundelemente 22, entspricht.

Nur der Vollständigkeit halber sei noch darauf hingewiesen, daß auch anders gestaltete Begrenzungsstrecken 24 der oben bereits genannten Art oder eine andere Kombination von Grundelementen 22, wie zum Beispiel eine aus sechseckigen und quadratischen Grundelementen aufgebaute Struktur, verwendbar sind und zu Stentstrukturen mit den gewünschten guten Stabilitätseigenschaften führen. Zudem

sind auch komplexe oder umfangreichere Kombinationen aus unterschiedlich gestalteten Grundelementen 22 möglich.

Bei dem in Fig. 7 dargestellten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel umfassen die achteckigen Grundelemente 22a gemäß Fig. 6 beispielsweise jeweils ein zentral angeordnetes, kleineres achteckiges Grundelement 22'a gleicher Orientierung mit abwechselnd konvex und konkav ausgebildeten halbkreisförmigen Begrenzungsstrecken, die den Grundelementen 22'a ebenfalls ein kreuzförmiges Aussehen verleihen. Die Begrenzungsstrecken der kleineren Grundelemente 22'a sind mit den Begrenzungsstrecken des sie jeweils umgebenden größeren ebenfalls kreuzförmigen Grundelements 22a auf geeignete Art und Weise verbunden, so daß sie eine gemeinsame Struktur bilden. Sie sind daher so bemessen, daß die größeren Grundelemente 22a zumindest berühren, vorzugsweise jedoch schneiden, so wie dies in Fig. 7 dargestellt ist, wobei die jeweils zusammengehörigen Grundelemente 22a, 22'a entweder eine gleiche Orientierung besitzen oder aber um 90° zueinander verschoben sein können. Die achteckigen Grundelemente 22a können beispielsweise auch durch sechseckige Grundelemente ersetzt werden, um eine aus sechseckigen und quadratischen Grundelementen bestehende Stentstruktur zu erzeugen. Es ist auch eine Kombination erfindungsgemäßer Grundelemente 22 mit herkömmlichen Grundelementen möglich.

Zur Herstellung der beschriebenen Stentstrukturen oder einer Vielzahl anderer erfindungsgemäßer Stentstrukturen wird zunächst die Mantelfläche eines Stents mit Vielecken der gewünschten Art ausgefüllt, so daß eine die Eckpunkte der Vielecke und/oder gegebenenfalls auch die zugehörigen Begrenzungsstrecken umfassende Ausgangsstruktur entsteht. Bei dieser Ausgangsstruktur werden nun die Eckpunkte der Vielecke durch Begrenzungsstrecken der gewünschten Art, wie zum Beispiel halbkreisförmige, sinusförmige oder sonstwie gekrümmte Begrenzungsstrecken, miteinander verbunden oder die bereits vorhandenen Begrenzungsstrecken werden entsprechend abgewandelt, so daß man als Stentstruktur schließlich ein erfindungsgemäßes Geflecht aus vieleckförmigen Grundelementen der oben beschriebenen Art erhält, dessen charakteristische Parameter zur Erzeugung einer die Stentstruktur bzw. das Geflecht repräsentierenden Datensätze verwendet werden. Dieser wird nun, gegebenenfalls nach Zwischenspeicherung auf einem geeigneten Datenträger, zur Ansteuerung eines herkömmlichen Systems zur Stent-Herstellung verwendet.

Ein solches System kann beispielsweise eine Lasereinrichtung umfassen, mit deren Hilfe Stents der gewünschten Art aus einem geeigneten Rohr, insbesondere ein Metallrohr oder ein Kunststoffrohr entsprechender Größe, herausgeschnitten werden. Ein Laserstrahl der Lasereinrichtung läuft hierbei entlang der Längsachse des auf einem Drehtisch eingespannten zu bearbeitenden rotierenden Rohres, wobei die Rotationsbewegung des Rohres und die Bewegung des Laserstrahls zur Erzeugung der gewünschten Stentstruktur mittels eines die Stentstruktur repräsentierenden geeigneten CAD-Programmes gesteuert werden. Die Steuerbefehle erhält das System durch ein DXF-File oder ein anderes CAD-verarbeitbares File mit einer entsprechenden Codierung der Stentstruktur.

Das System zur Stentherstellung kann jedoch beispielsweise auch eine photolithographische Einrichtung zum Herausätzen der gewünschten Stentstruktur aus einem aus einen geeigneten Material bestehenden Ausgangsrohr umfassen. Das Ausgangsrohr wird hierbei zunächst mit einem fotosensitiven Lack oder einem Photoresist beschichtet, dann mit einer die gewünschte Stentstruktur repräsentierenden Maske abgedeckt und anschließend durch Strahlung einer geeigneten Wellenlänge belichtet. Bei Verwendung eines Positiv-

lacks wird der Lack nach erfolgter Belichtung an den belichteten Stellen mittels eines geeigneten Lösungsmittels entfernt, gegen das der Lack an den unbelichteten Stellen inert ist, so daß ein positives Abbild der Maskengeometrie im Lack entsteht. Bei Verwendung eines durch Bestrahlung unlöslich werdenden Negativlacks werden entsprechend die unbelichteten Bereiche entfernt, so daß ein negatives Abbild der Maskengeometrie im Lack entsteht. Das so behandelte Rohr wird anschließend beispielsweise durch einfaches Ein-tauchen mit einer geeigneten Ätzlösung behandelt, die das Rohrmaterial an den Stellen auflöst, an denen der Lack entfernt wurde, während die anderen Stellen durch die Lack-schicht geschützt sind, so daß man eine dem positiven bzw. negativen Maskenabbild entsprechende Stentstruktur erhält.

5 10 15

gehenden Ansprüche repräsentierenden Datensatzes und  
– Ansteuerung eines Systems zur Stent-Herstel-lung unter Verwendung des Datensatzes.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Stent (10), umfassend ein expandierbares Geflecht aus Grundelementen (22), dadurch gekennzeichnet, daß die Grundelemente (22) vieleckförmig ausgebildet sind und zumindest bereichsweise krummlinig ausgebildete Begrenzungsstrecken (24) umfassen. 20
2. Stent nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundelemente (22) symmetrisch und/oder konkav ausgebildet sind. 25
3. Stent nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundelemente (22) dreieckig, vier-eckig, sechseckig oder achteckig ausgebildet sind.
4. Stent nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundelemente (22) 30 unterschiedlich gestaltete Grundelemente (22a, 22a', 22b) umfassen.
5. Stent nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundelemente (22) quadratische und achteckige oder sechseckige Grundelemente (22b bzw. 22a) 35 gleicher Kantenlänge umfassen, die so angeordnet sind, daß die achteckigen (22a) bzw. sechseckigen Grundelemente jeweils abwechselnd mit einem gleichartigen Grundelement (22a) bzw. einem quadratischen Grundelement (22b) eine gemeinsame Begrenzungs-strecke aufweisen.
6. Stent nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekenn-zeichnet, daß zumindest einige Grundelemente (22a) jeweils ein kleineres gleichartiges Grundelement um-fassen. 45
7. Stent nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungsstrecken (24) der kleinen und der sie umfassenden großen Grundelemente (22a' bzw. 22a) zur Bildung einer gemeinsamen Struktur miteinander verbunden sind. 50
8. Stent nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Begren-zungsstrecken (24a, 24b) stetig ineinander übergehen.
9. Stent nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Begren-zungsstrecken (24a, 24b) abwechselnd konkav und konvex ausgebildet sind und/oder daß die Begren-zungsstrecken (24) alternierende konvexe und konkave Bereiche umfassen. 55
10. Stent nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungsstrecken (24) halbkreisförmig ausgebildet sind oder sinus- oder cosinusförmige Kurven der Länge  $r_c$  oder eines ganz-zahligen Vielfachen davon umfassen. 60
11. Herstellungsverfahren für Stents mit folgenden Verfahrensschritten:  
– Erzeugung eines ein Geflecht aus vieleckförmigen Grundelementen (22) nach einem der vorher-

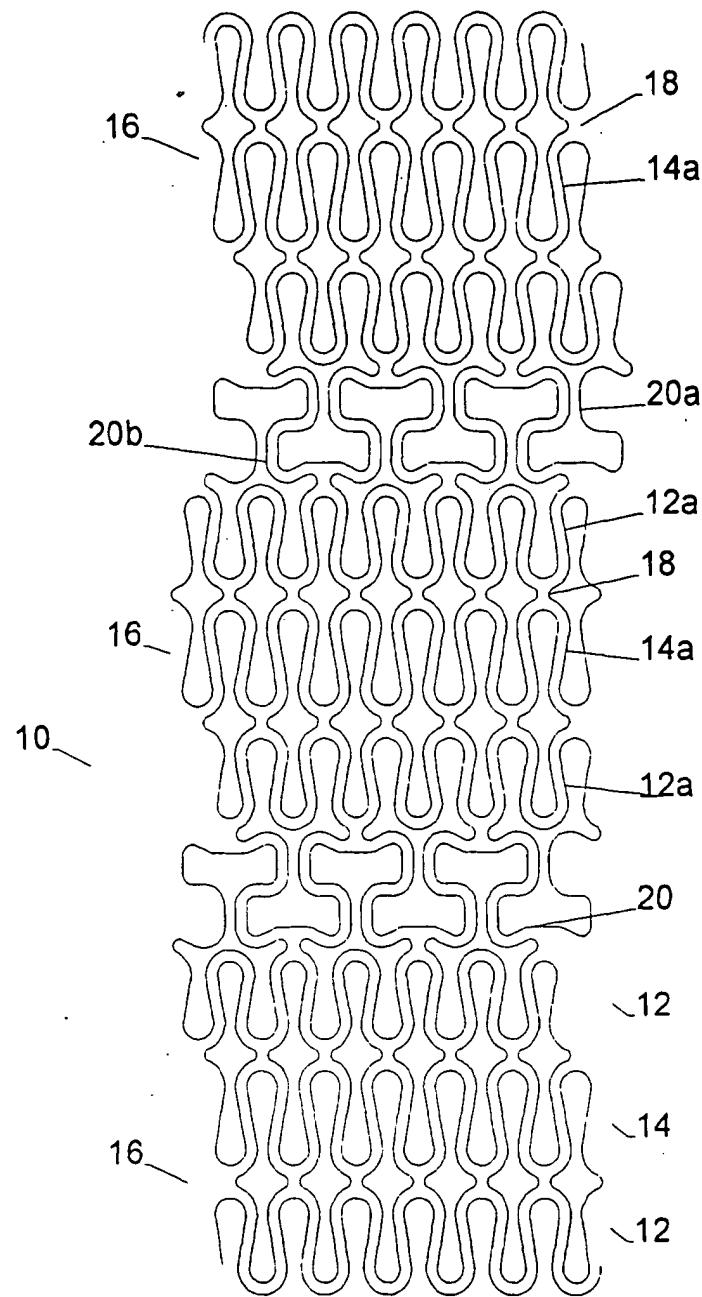


Fig. 1

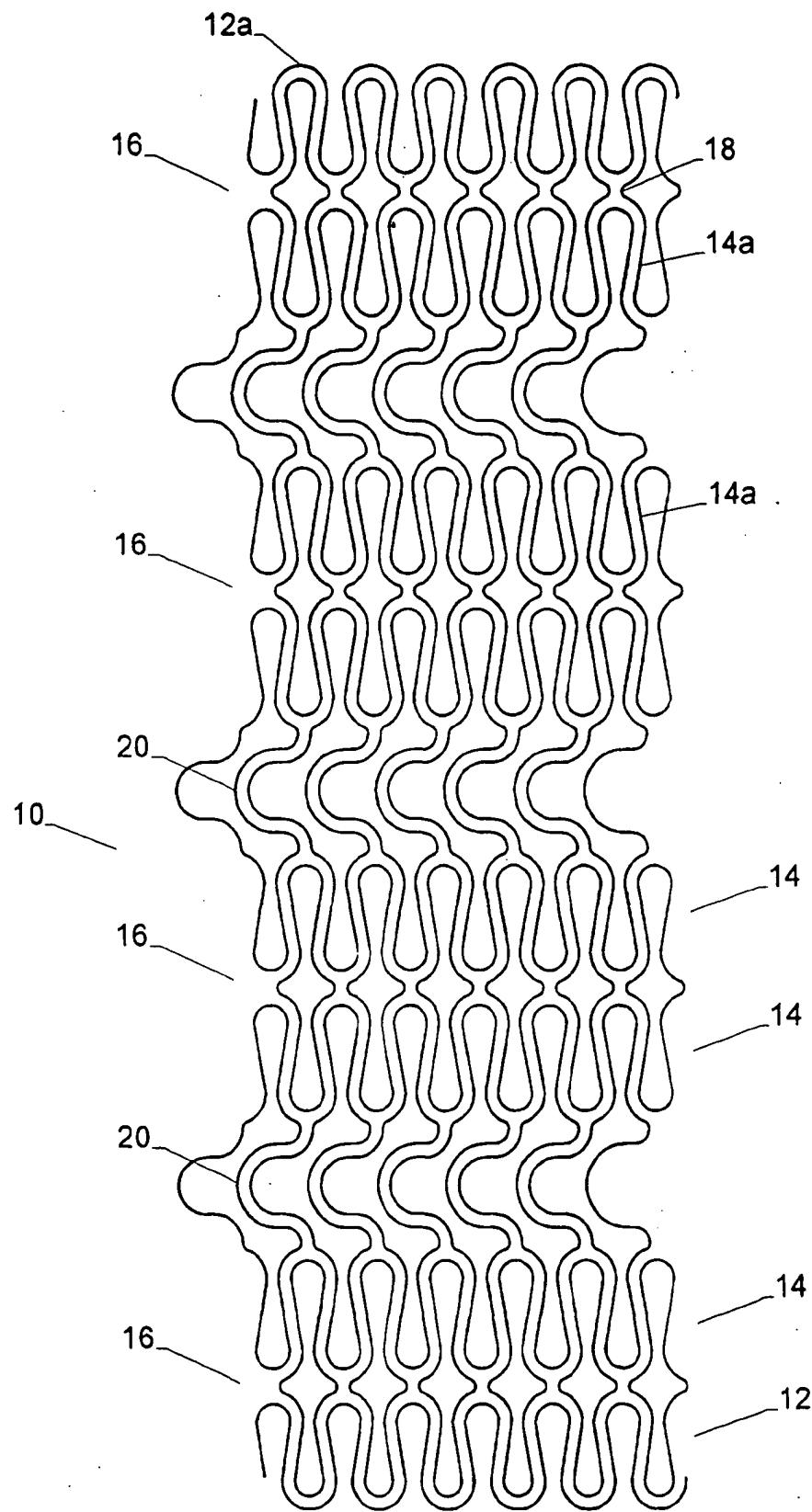


Fig. 2

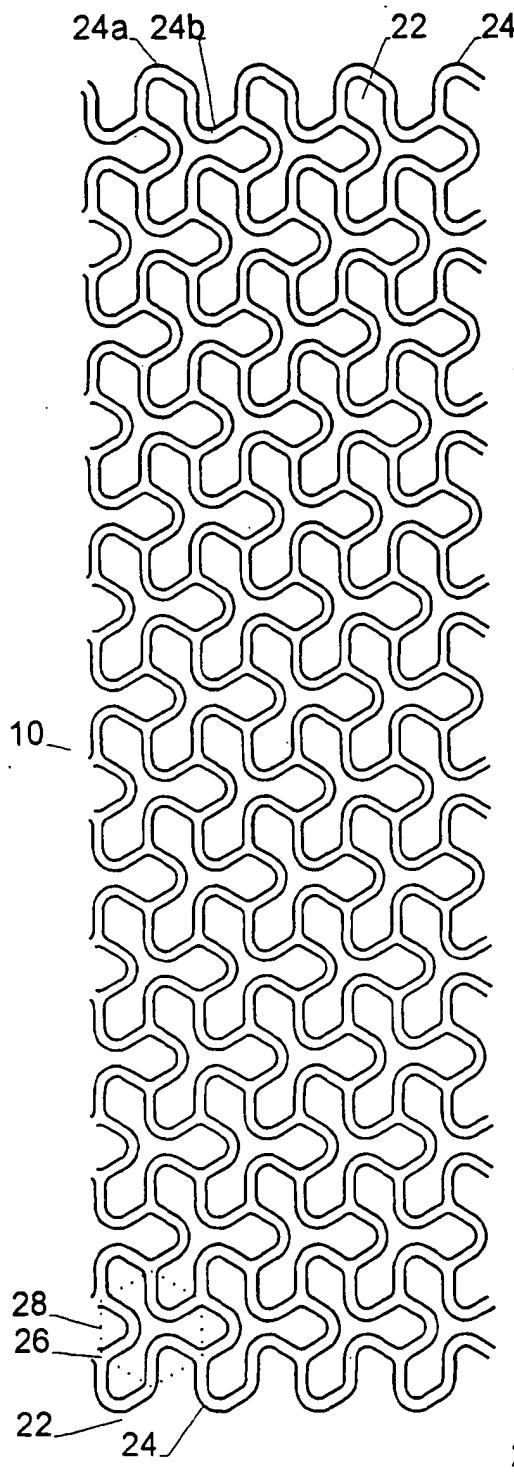


Fig. 3a

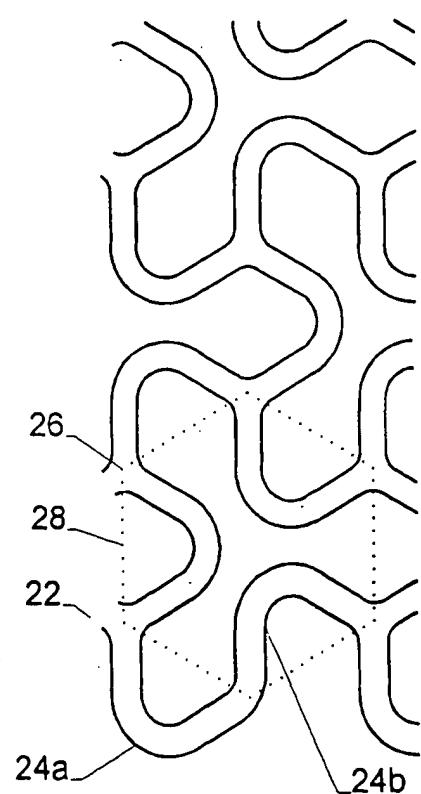


Fig. 3b

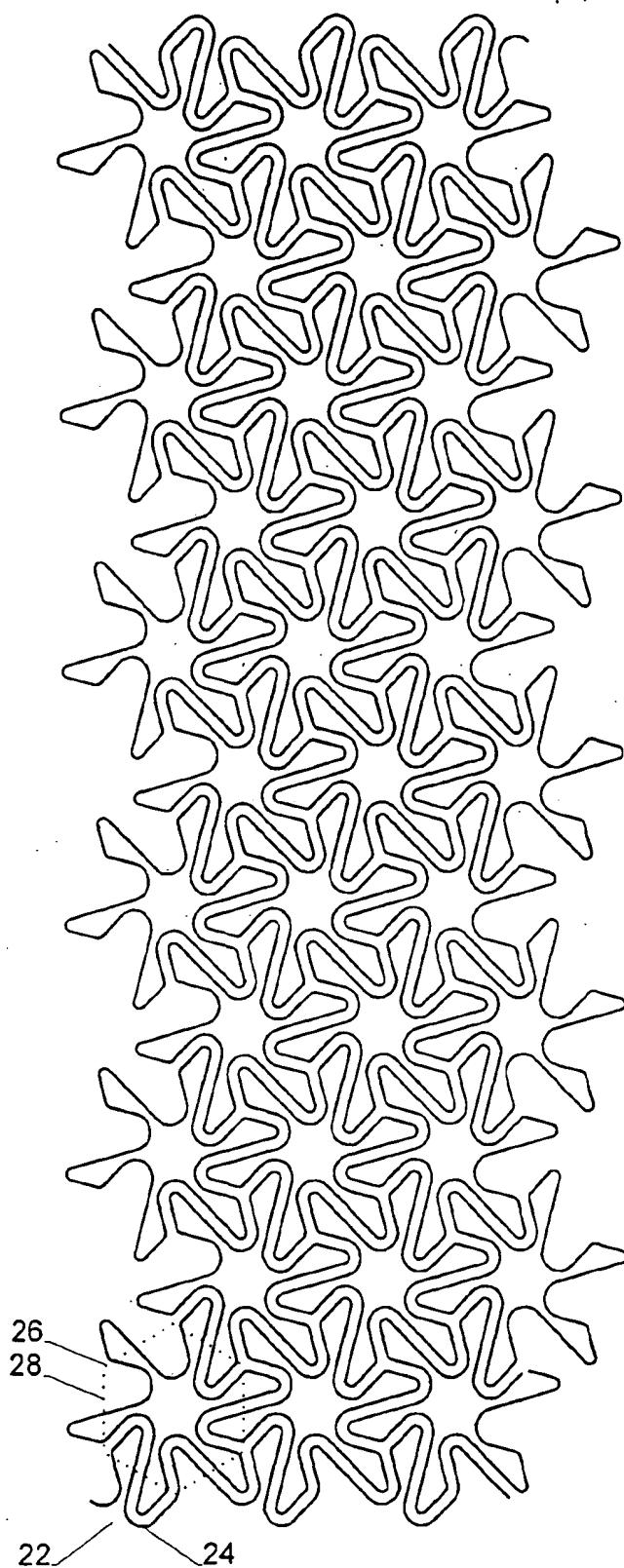


Fig. 4a

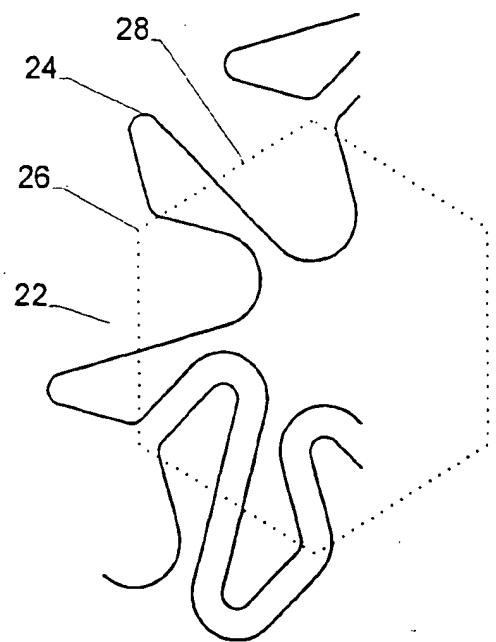


Fig. 4b

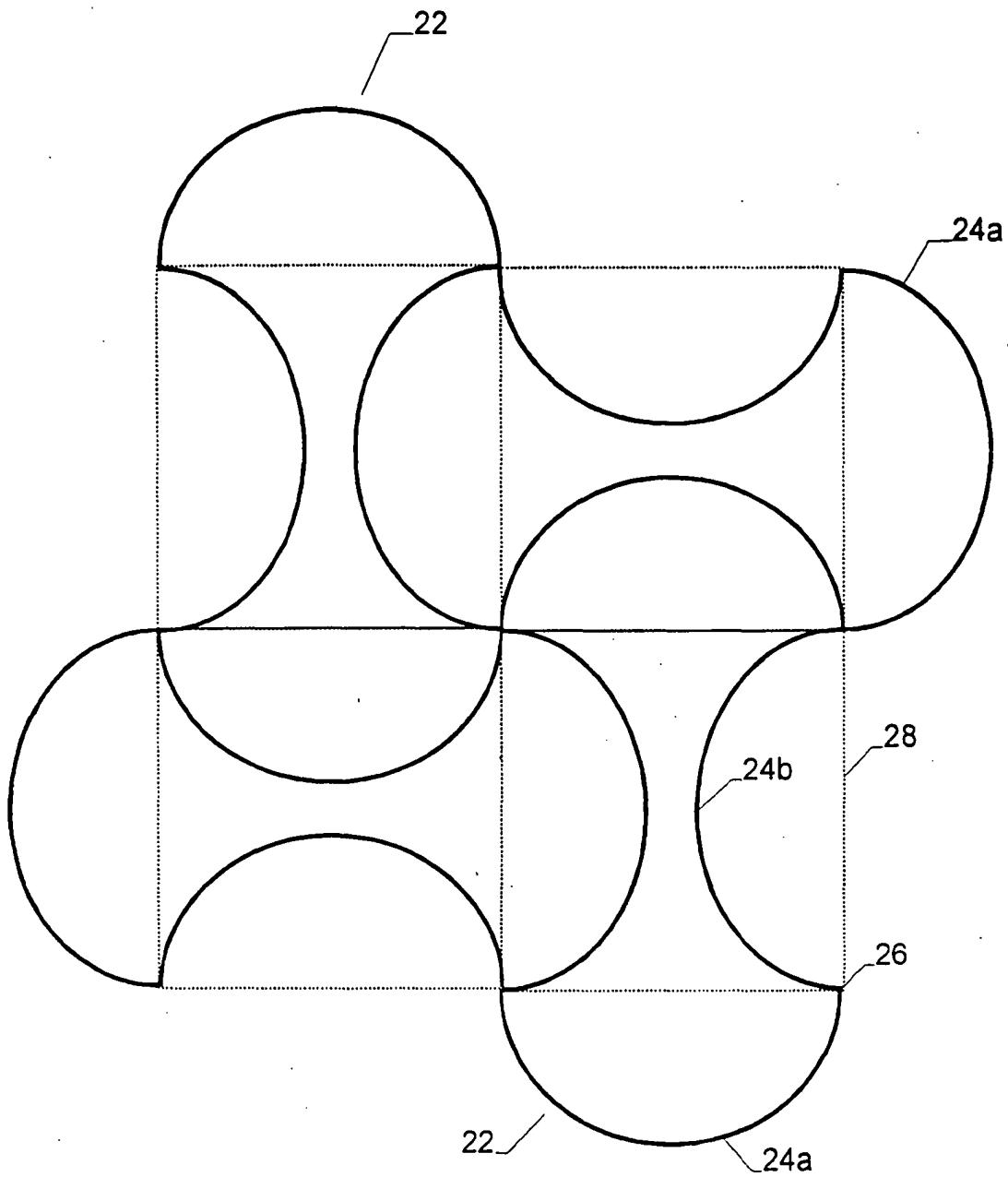


Fig. 5

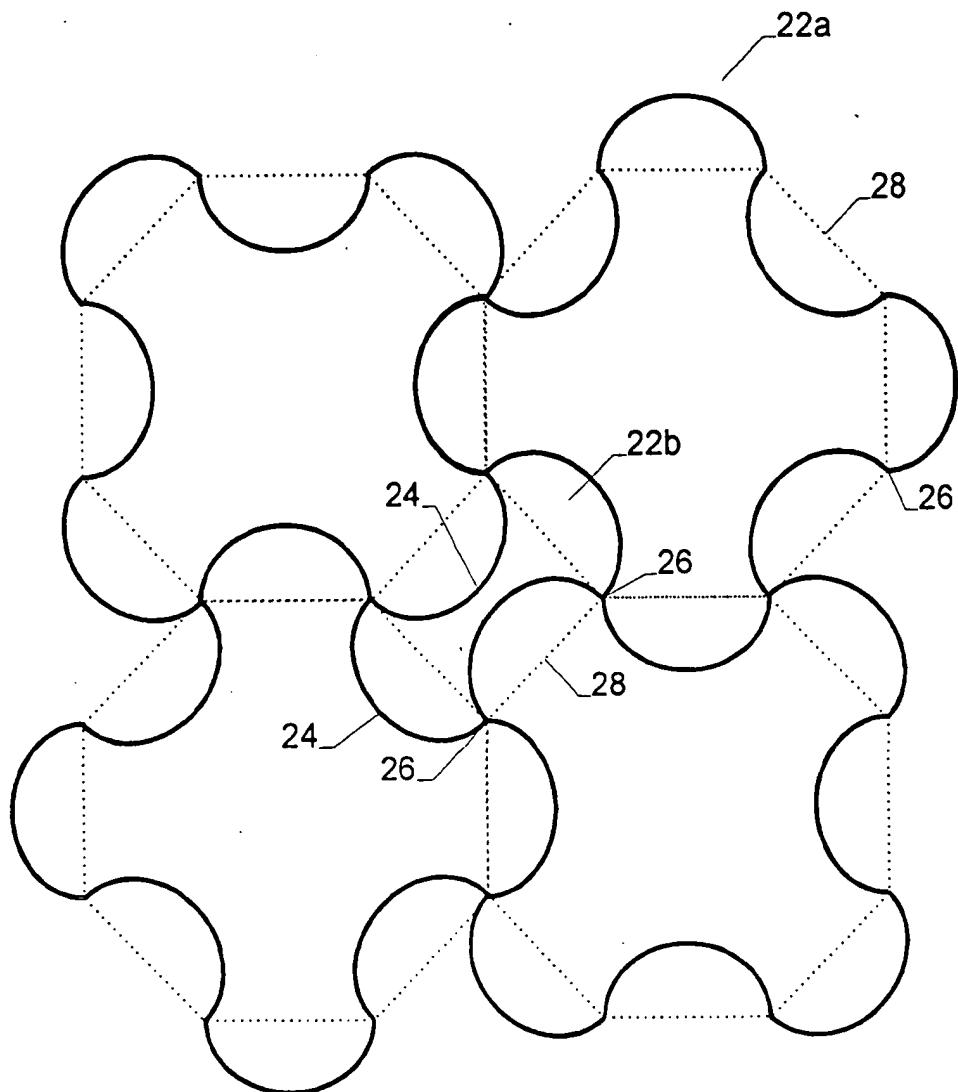


Fig. 6

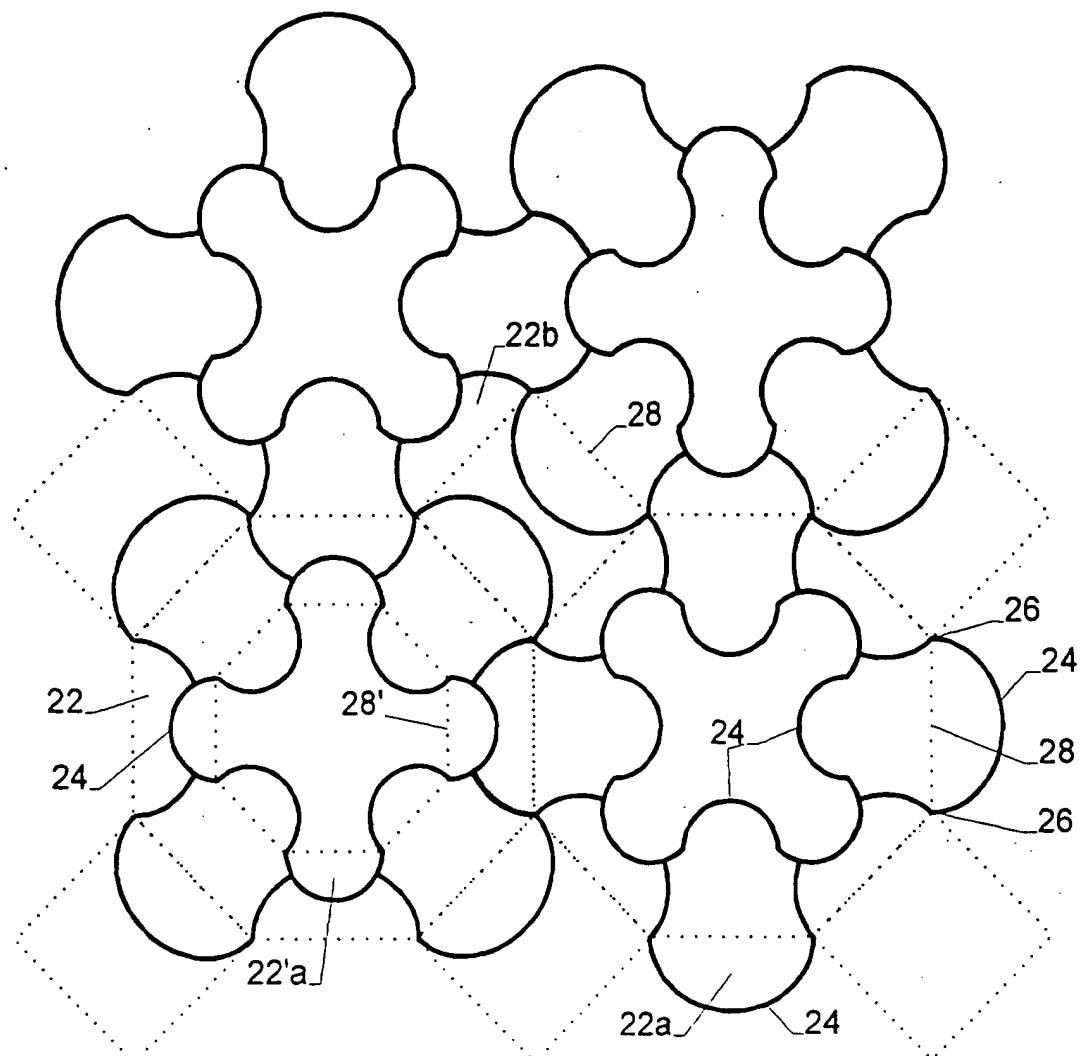


Fig.7